

# Procesamiento de sentencias NMEA-0183 para el análisis de la geometría satelital utilizando receptores GPS de bajo costo

Alberto Eduardo Riba<sup>1</sup>, Jorge Damián Tejada<sup>1</sup>,  
Nelson Acosta<sup>2,3</sup>, Juan Manuel Toloza<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Chilecito  
9 de Julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina  
{ariba, jtejada}@undec.edu.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires  
General Pinto 399, Tandil, Buenos Aires, Argentina  
{nacosta, jmtoloza}@exa.unicen.edu.ar

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Tres de Febrero  
Mosconi 2736 - Sáenz Peña (B1674AHF), Buenos Aires, Argentina

**Abstract.** El sistema de navegación por satélites más utilizado en la actualidad es NAVSTAR-GPS. Existen una gran cantidad de dispositivos receptores GPS de bajo costo que pueden ser utilizados para diversas aplicaciones, pero estos no entregan la precisión que algunas de estas necesitan. Este artículo presenta una herramienta que permite analizar las sentencias NMEA obtenidas de uno o múltiples receptores GPS de bajo costo para postular posibles indicadores de la relación entre la geometría satelital y la precisión posicional.

Keywords: GPS, NMEA-0183, geometría satelital, bajo costo, data fusion.

## 1 Introducción

Un gran número de actividades en la actualidad requieren de la navegación sobre la corteza terrestre y del geo-posicionamiento, algunas con mayor precisión que otras.

La tendencia actual en geo-referenciación radica en la utilización de sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System) que utilizan satélites para poder ubicar un receptor en tierra basado en técnicas de triangulación y medición de retardo de la señal [1].

En la actualidad existen dos sistemas GNSS en condiciones totalmente operativas y con cobertura global: NAVSTAR GPS del Departamento de Defensa de EEUU, y GLONASS perteneciente Ministerio de Defensa de la Federación Rusa. Otros dos sistemas se encuentran en desarrollo y se espera que estén en pleno funcionamiento en los próximos años: Beidou-2/COMPASS perteneciente al Gobierno Chino, y Galileo de la Unión Europea - GSA European GNSS Agency.

La tecnología NAVSTAR-GPS es el GNSS más antiguo, conocido y difundido existiendo una gran oferta de dispositivos receptores, desde equipos de uso civil de bajo costo, hasta equipos de nivel profesional que pueden costar miles de dólares, esta diferencia en el precio está dada por la precisión de la posición obtenida.

Los equipos de nivel profesional como los utilizados en instituciones catastrales o el receptor StarFire GPS 3000 de John Deere[2], pueden alcanzar una precisión centimétrica, pero su costo es muy elevado, mientras que los receptores de uso civil son de bajo costo y entregan una precisión en la posición de unos 10 a 15 metros en el 95 % de las veces[3] dependiendo del fabricante.

Existe un gran número de aplicaciones que pueden llevar a cabo su tareas sin inconvenientes en cuanto a la precisión obtenida, pero algunas áreas como la robótica, la agricultura de precisión, la aeronavegación, la navegación marítima, actividades de rescate, entre otras, necesitan una mayor precisión [2], [4], [5].

Actualmente distintos sistemas permiten aumentar la precisión posicional, por ejemplo el DGPS (Differential GPS) [6], AGPS (Assisted GPS) [7], RTK (Real-Time Kinematic) [8] o e-Dif (extended Differential), pero estos sistemas de aumentación no están disponibles en ciertas regiones, son muy costosos de adquirir o implementar y en muchos casos su uso implica un abono oneroso de un servicio mensual.

Por estas razones de costo y disponibilidad es muy importante desarrollar soluciones tecnológicas que cubran estas necesidades. Varias instituciones afrontan a diario el desafío de encontrar nuevas técnicas para mejorar la precisión del posicionamiento, muchos de ellos con resultados exitosos y comprobables.

El presente trabajo se encuentra en el marco de la línea de investigación presentada por los autores en WICC 2016 denominada “Mejora de la precisión posicional utilizando receptores GPS de bajo costo”. Esta línea de investigación pretende reducir la brecha existente entre estos desarrollos y los usuarios finales que necesitan realizar tareas con mayor precisión posicional que la entregada originalmente por el sistema NAVSTAR-GPS, utilizando receptores GPS de bajo costo.

El objetivo de este artículo es presentar una herramienta que permita procesar múltiples archivos con información de sentencias del estándar NMEA-0183 obtenidas de receptores GPS de bajo costo, para relacionar la geometría de los satélites con la precisión posicional.

El artículo se estructura de la siguiente manera, la Sección 2 describe los aspectos generales del estándar NMEA-0183 y señala la estructura de las sentencias que se utilizarán en el trabajo, la Sección 3 presenta trabajos relacionados con esta temática, la Sección 4 muestra la etapa de experimentación determinando los puntos de capturas muestrales, escenarios propuestos y la herramienta para el análisis de la información correspondiente a la geometría de los satélites, finalmente en la Sección 5 se exponen las conclusiones y los trabajos a futuro.

## 2 Estándar NMEA-0183

La interface estándar NMEA-0183 (Standard For Interfacing Marine Electronic Devices) desarrollada por National Marine Electronics Association, define los requisitos eléctricos de señalización, protocolo de transmisión de datos y formatos de sentencias específicas para una transmisión con formato serial a una velocidad de 4800 baudios. Esta norma soporta la transmisión en un solo sentido desde un único emisor a uno o varios receptores. Los datos transmitidos están codificados en formato ASCII de 7 bits y cada línea es una sentencia que sigue un formato bien definido compuesto por campos separados por comas, los cuales identifican el tipo de información contenida como la posición, la velocidad, la profundidad, entre otros.

Entre las sentencias que entregan los receptores GPS de bajo costo en sus salidas de datos podemos encontrar las siguientes:

- GPRMC (Recommended Minimum Specific): información referida a la posición de latitud y longitud, fecha y hora, variación magnética, etc. Un ejemplo:  
\$GPRMC,194421,A,2909.1567,S,06730.2625,W,000.1,095.4,270716,001.3,W\*68
- GPGGA (Global Positioning System Fixed Data): información referida a la cantidad de satélites en uso, HDOP, altura, etc. Un ejemplo:  
\$GPGGA,194421,2909.1567,S,06730.2625,W,1,07,0.9,1150.4,M,29.6,M,,\*72
- GPGSA (GNSS DOP and Active Satellites): información referida al PRN (identificador de satélite) en uso, PDOP, VDOP, HDOP, etc. Un ejemplo:  
\$GPGSA,A,3,07,13,30,05,28,09,08,,,,,1.6,0.9,1.3\*36
- GPGSV (GNSS Satellites in View): información referida a los satélites en vista elevación, azimut, SNR, etc. Un ejemplo:  
\$GPGSV,3,1,12,07,35,139,44,13,21,232,33,30,59,167,43,05,44,238,36\*71

Para información más detallada referida a la estructura de estas sentencias se puede consultar en el manual de referencia [9].

De las instrucciones anteriormente mencionadas se procesará la información correspondiente a:

- Fecha: fecha de la captura.
- Hora: hora de la captura.
- Latitud: de la posición con formato GGMM,MMMM (2909.1567).
- Longitud: de la posición con formato GGGMM,MMMM (06730.2625).
- Variación Magnética:
- Satélite en uso: cantidad de satélites usados en la solución de la posición.
- Altitud: altitud de la posición.
- Geoide: valor de geoide de la posición calculada en el área de la muestra.
- PRNs: un arreglo de 12 valores con el PRN de cada satélite usado en la determinación de la posición.
- PDOP: dilución de la precisión en la posición.
- HDOP: dilución de la precisión en la componente horizontal.
- VDOP: dilución de la precisión en la componente vertical.

- Satélites en Vista: cantidad de satélites en vista al momento de la adquisición. Para cada satélite:
  - PRN: identificador del satélite
  - Elev: elevación
  - Az: Azimut
  - SNR: relación señal ruido.

### **3 Trabajos relacionados**

Del conjunto de trabajos relacionados con la temática se destacan los siguientes.

Di Lecce y otros [10] utilizan redes neuronales con un solo receptor GPS consiguiendo una mejora en la precisión de la posición de hasta un 25 %, este sistema de corrección puede aplicarse en dispositivos estáticos y dinámicos.

Tolosa J.M. [11] presenta una metodología y el estudio de diferentes técnicas y algoritmos para el tratamiento de la información entregada por los receptores GPS estándar. Desarrolla una herramienta que permite procesar en crudo las sentencias NMEA-0183 de los receptores GPS utilizados, para su posterior tratamiento con las técnicas y algoritmos propuestos, implementando un sistema diferencial GPS de posicionamiento relativo para mejorar la precisión de las posiciones entregadas por el sistema GPS originalmente. Esta herramienta se basa en la portabilidad de manera que funcione en regiones donde no se cuenta con servicios de aumentación para mejorar la precisión.

Schrader y otros [12], propone una herramienta para mejorar la precisión posicional utilizando las sentencias NMEA-0183 en un sistema de múltiples receptores GPS de bajo costo conectados a microcontroladores de ocho bits. Presenta dos esquemas de hardware uno centralizado y otro descentralizado basándose en cálculos relacionados con en el promedio de las latitudes y longitudes, sin recurrir a sensores adicionales ni a complejos cálculos para la obtención de la posición.

De la lectura de estos trabajos hemos identificado que en ninguna de las propuestas se realiza un estudio que relacione los parámetros de la geometría satelital (elevación y azimut) con la precisión posicional obtenida en la mediciones.

### **4 Experimentación**

Para el desarrollo de la herramienta en primer instancia se tomaron diferentes conjuntos de muestras con múltiples receptores GPS. Estas muestras fueron recolectadas en diferentes días, horarios y lugares a fin de tener un muestreo heterogéneo.

#### **4.1 Escenarios**

Los escenarios elegidos para las capturas corresponden a puntos geodésicos pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina cuyas

coordenadas son conocidas y precisas, que servirán como punto de referencia para establecer posteriores comparaciones.

Las capturas se realizaron a cielo abierto, sin obstáculos significativos cercanos, ni objetos que pudieran causar alteraciones en la recepción de las señales que degraden la calidad de las mismas, lo cual asegura una mayor cantidad de satélites visibles. Las muestras se tomaron de día y de noche considerando que la ionosfera de noche está menos ionizada.

Durante los experimentos fueron recolectadas 360000 muestras de distintos puntos de datos con distintas cantidades de receptores GPS. En aquellos lugares donde las capturas fueron realizadas con múltiples receptores los datos se podrán fusionar para realizar distintos análisis y cálculos de las geometrías y posiciones obtenidas.

#### **4.2 Equipamiento utilizado**

Para realizar las capturas se utilizaron tres receptores GPS marca Garmin conectados a una notebook. El costo de estos receptores no supera los 100 dólares.

El dispositivo incluye un receptor y antena embebidos. Puede trackear múltiples satélites (12 como máximo) al mismo tiempo, proveyendo una actualización de datos de navegación con una frecuencia de 1 Hz. Su consumo es bajo e incluye también la capacidad de trabajar con el sistema de aumentación WAAS de GPS diferencial para aumentar la precisión a 3 metros. El problema que se presenta es que este sistema de aumentación no funciona en nuestra región por la ausencia de señal de los satélites geostacionarios. Este receptor está diseñado para trabajar bajo condiciones extremas e incluso es resistente al agua pudiendo ser sumergido a 1 metro durante 30 minutos.

Tiene una memoria flash interna que le permite retener datos críticos como los parámetros orbitales de los satélites, la última posición conocida, fecha y hora; provee una salida de datos estandarizada NMEA-0183; están disponibles los drivers para Windows y Macintosh; la tensión de trabajo está entre los 4.4 y 5.5 volts; la precisión en modo normal, es menor a los 15 metros el 95% de las mediciones, especificaciones aportadas por el fabricante.

#### **4.3 Herramienta Propuesta**

Para el análisis de los datos obtenidos de los distintos receptores se desarrolló una herramienta que permite tomar uno o varios archivos con formato NMEA y analizar la evolución de la geometría de los satélites. A cada archivo capturado se le asigna un nombre y una forma con un color para poder identificarlos en el gráfico cuando estos sean consultados. La Figura 1 muestra la pantalla para la selección de los archivos.

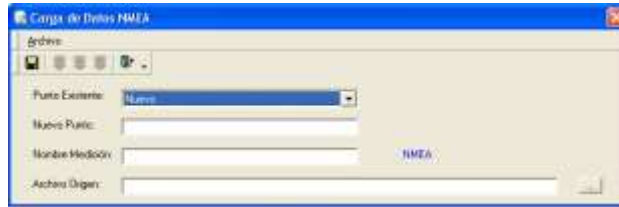


Fig. 1. Interfaz de selección de archivos

Importados los archivos con las sentencias a ser procesadas, se podrán establecer distintos filtros como por ejemplo la fecha, hora de inicio y la hora de fin, la cantidad de satélites en uso, la relación señal ruido y los parámetros de dilución de precisión, PDOP, VDOP y HDOP. Estos filtros permiten eliminar tuplas que pueden contener errores.

Establecidos los filtros la herramienta muestra una grilla con una lista que detalla la hora de la medición con su latitud y longitud y seleccionando una tupla se muestra en un gráfico con el mapa de cielo de la medición como muestra la Figura 2. Haciendo doble click sobre una fila determinada muestra el resto de la información relacionada con esa medición.

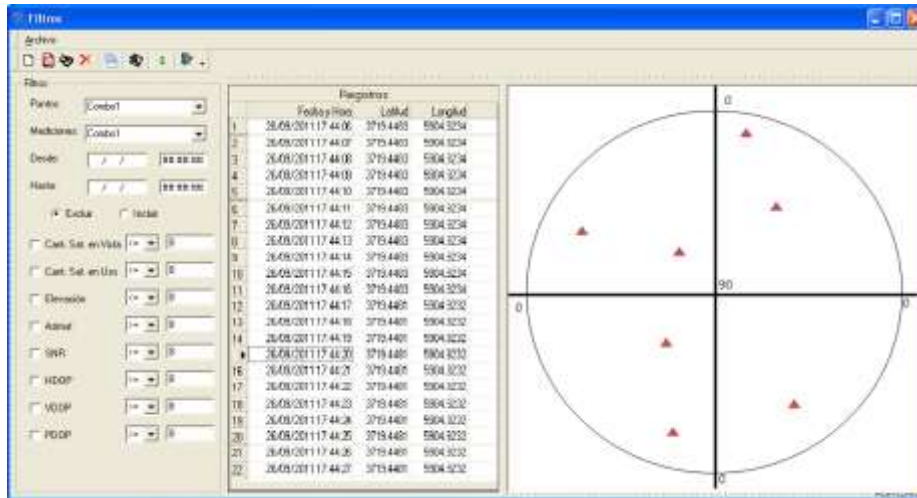


Fig. 2. Interfaz de visualización de la geometría de los satélites

La posición estimada se calcula a través de la media aritmética, la moda y la determinación del par de puntos que más se repite

La herramienta presenta una interfaz avanzada para que un usuario experto personalice la búsqueda de información según ciertos criterios que no puedan estar contemplados en los filtros propuestos.

## 5 Conclusiones y Trabajos a Futuro

La herramienta propuesta organiza y ordena los datos provenientes de las sentencias NMEA permitiendo que estos puedan ser manipulados de manera dinámica, ágil y visual, facilitando el análisis de la información obtenida relacionada con la geometría satelital.

El procesamiento de datos en base a los ensayos realizados permitió postular posibles indicadores de la relación entre la calidad de la geometría satelital y la precisión posicional.

La dispersión satelital es uno de estos posibles indicadores y se relaciona con los parámetros de elevación y azimut de cada satélite trackeado presente en las sentencias NMEA obtenidas de los receptores GPS.

En trabajos a futuro, se proyecta determinar nuevos indicadores y calcular un coeficiente que permita evaluar la dispersión satelital, con el fin de mejorar la precisión posicional entregada por los receptores GPS sin comprometer el costo computacional, para que pueda ser implementado sobre un microcontrolador.

## 6 Referencias

1. Gleason S., Gebre-Egziabher D.: GNSS Applications and Methods. Artech House, 508 pp. (2009).
2. Tomkiewicz, S. M., Fuller, M. R., Kie, J. G., Bates, K. K., Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365 (1550) 2163–2176. (2010).
3. Arnold, Lisa. L., Zandbergen, Paul. A.: Positional accuracy of the Wide Area Augmentation System in consumer-grade GPS units. *Computers & Geosciences Volume 37 Issue 7*, Elsevier, pp. 883-892. (2011).
4. Cui, Y., Ge, S. S.: Autonomous vehicle positioning with gps in urban canyon environments, *Robotics and Automation, IEEE Transactions on* 19 (1) 250 15–25 (2003).
5. Elnabwy, M. T., Kaloop, M. R., Elbeltagi, E.: Talkha steel highway bridge monitoring and movement identification using rtk-gps technique, *Measurement* 46 (10) 4282–4292. (2013)
6. Clarke, Bill: *Aviator's Guide to GPS*, 3rd Edition, McGraw-Hill, p [8-20 and 47-55] 1998.
7. Van Diggelen, Frank: "A-GPS, Assisted GPS, GNSS, and SBAS", p [1-5]. (2009).
8. Dardari, Davide, Falletti, Emanuela and Luise, Marco: *Sattellite and Terrestrial Radio Positioning Techniques: A Signal Processing Perspective.*, 1st Edition, Elsevier, p[62-74] (2012).
9. Garmin International, Inc.: *GPS 18x Technical Specifications*. (2008).
10. Di Lecce, V., Amato, A., y Piuri V.: Neural technologies for increasing the GPS position accuracy, *IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications*, pp. 4–8, (2008).
11. Toloza, Juan Manuel. "Algoritmos y técnicas de tiempo real para el incremento de la precisión posicional relativa usando receptores GPS estándar". SEDICI, Universidad Nacional de La Plata. (2012).
12. Schrader, D.K., Min, B.-C., Matson, E.T.: Real-time averaging of position data from multiple GPS receivers, *Measurement* (2016).